# БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА
# SAFETY OF HUMAN ACTIVITY



УДК 551.509.328 10.23947/1992-5980-2017-17-4-144-150

## Прогнозирование уровня загрязнения воздуха городской среды экспертным путем*

**Е. О. Лазарева[1], И. Н. Липовицкая[2], Е. С. Андреева[3], Ю. В. Ефимова[4]****

[1] Санкт-Петербургская метеостанция, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
[2] Санкт-Петербургский институт гуманитарного образования, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
[3] Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация
[4] Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

## Forecast of urban air pollution level by expertise***

**E. O. Lazareva[1], I. N. Lipovitskaya[2], E. S. Andreeva[3], Y. V. Yefimova[4]****

[1] Weather station, St. Petersburg, Russian Federation
[2] Saint-Petersburg Institute of Education in the Sphere of Humanities and Social Sciences, St. Petersburg, Russian Federation
[3]Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation
[4] Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russian Federation

*Введение.* Для г. Санкт-Петербурга характерен климат с морскими чертами. Отмеченная в последнее десятилетие неустойчивость погодно-климатических условий обусловила актуальность данной работы, цель которой — построение схем для определения ожидаемого уровня загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга по методу «дерево принятия решения».

*Материалы и методы*. Изучены и обработаны срочные данные метеорологических наблюдений, выполненных на станции 26063 (г. Санкт-Петербург) с 2006 по 2014 гг. В рамках исследования рассмотрены данные по вертикальному профилю атмосферы, получаемые путем радиозондирования атмосферы г. Санкт-Петербурга в 00.00 и 12.00 UTC (Всемирного скоординированного времени) на станции Воейково.

*Результаты исследования*. В ходе работы была установлена зависимость формирования уровня загрязнения атмосферного воздуха от синоптического процесса и инерционного фактора, что позволило сформировать схемы прогноза уровня загрязнения воздуха в виде «дерева принятия решения» экспертным путем.

Оправдываемость прогностического определения ожидаемой группы загрязнения атмосферного воздуха по Санкт-Петербургу была рассчитана на зависимом материале и составила для холодного периода года 90 % (ночные часы) и 91 % (дневные часы); для теплого периода года — 84 % (ночные часы) и 87 % (дневные часы). Это говорит о том, что предлагаемые схемы позволяют получить более эффективный прогноз уровня загрязнения атмосферного воздуха в холодный период года.

*Обсуждение и заключения*. В заключении сформулированы выводы и перечислены основные результаты.

— Сформированы архивы исходных стандартных метеорологических данных и данных радиозондирования атмосферы, а также синоптических положений и сведений об уровне загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга за период

*Introduction.* A climate pattern with marine features is typical for St. Petersburg. Vagaries of weather and climate conditions in the last decade specify the timeliness of this work, the purpose of which is to outline the expected level of the open air pollution in St. Petersburg by the "decision tree" method.

Materials and Methods. Current data of weather observations carried out at station 26063 (St. Petersburg) from 2006 to 2014 are studied and processed. Within the framework of the study, the data were considered on the vertical profile of the atmosphere obtained through radiosounding the atmosphere of St. Petersburg at 00.00 and 12.00 UTC (Universal Time Coordinated) at Voeykovo station.

*Research Results*. In the course of the investigation, the dependence of the atmospheric air pollution level on the synoptic process and the inertial factor was established which made it possible to figure a scheme for forecasting the air pollution level in the form of the decision tree by expertise. Accuracy of the predictive determination of the expected air pollution group in St. Petersburg was calculated on the dependent material and topped 90% (nighttime hours) and 91% (daytime hours) for a cold period; and – 84% (nighttime hours) and 87% (daylight hours) for a warm period of the year. This suggests that the proposed schemes allow obtaining a more efficient prediction of the atmospheric air pollution level in a cold period of the year.

*Discussion and Conclusions*. In conclusion, basic outcomes and inferences are summarized.

— Archives of baseline standard meteorological data and data of the atmosphere radiosounding, as well as synoptic situations and information on the level of atmospheric air pollution in St. Peters-



*Работа выполнена в рамках инициативной НИР.
**E-mail: milyutina.e.o@yandex.ru, lipovitskaya@mail.ru, esameteo@mail.ru, uluef@mail.ru
*** The research is done within the frame of the independent R&D.

с 2006 по 2014 гг.
— Установлены группы синоптических процессов, характерные для Санкт-Петербурга с 2006 по 2014 гг.
— Разработаны схемы прогноза уровня загрязнения атмосферного воздуха по методу «дерево принятия решения» с оправдываемостью 84–91 %.
Результаты работы применимы для прогноза уровня загрязнения городского воздуха.

burg for the period from 2006 to 2014, are formed.
— Groups of synoptic processes typical for St. Petersburg from 2006 to 2014 are established.
— Schemes for forecasting the atmospheric air pollution level are developed using the “decision tree” method with accuracy of 84-91%.
The research results are applicable for forecasting the urban air pollution level.

**Ключевые слова:** безопасность жизнедеятельности, метеорологические характеристики, характеристики загрязненности атмосферы, синоптический процесс, параметр *P*, прогноз загрязнения атмосферного воздуха, дерево принятия решения, статистический анализ, физический анализ.

**Keywords**: health safety, meteorological characteristics, air impurity characteristics, synoptic process, *P* parameter, forecast of atmospheric air pollution, “decision tree” method, statistical analysis, physical analysis, St. Petersburg.

***Образец для цитирования:*** Лазарева, Е. О. Прогнозирование уровня загрязнения воздуха городской среды экспертным путем / Е. О. Лазарева [и др.] // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2017. — Т. 17 № 4. — С. 144–150.

***For citation:*** E.O. Lazareva, I.N. Lipovitskaya, E.S. Andreeva, Y.V. Yefimova. Forecast of urban air pollution level by expertise. Vestnik of DSTU, 2017, vol. 17, no.4, pp. 144–150.

**Введение.** Качество атмосферного воздуха является необходимым условием обеспечения безопасности жизнедеятельности населения. Проблему загрязнения атмосферного воздуха относят к числу приоритетных геоэкологических проблем современного мира [1].

История исследований указанных проблем насчитывает около 60 лет. За это время были решены некоторые теоретические и практические задачи [2, 3, 4, 5, 6]. В частности, установлено, что на уровень загрязнения атмосферного воздуха существенно влияют синоптические ситуации и характерные для них метеорологические условия [4]. Для г. Санкт-Петербурга характерен климат с морскими чертами. Отмеченная в последнее десятилетие неустойчивость погодно-климатических условий обусловила актуальность данной работы, цель которой — построение схем для определения ожидаемого уровня загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга по методу «дерево принятия решения».

Для достижения цели решены следующие задачи:
— создание баз данных для последующих статистического и физического анализов;
— установление повторяемости характерных групп синоптических процессов в условиях Санкт-Петербурга с учетом ситуаций последнего десятилетия;
— выполнение расчетов и выработка схем прогноза ожидаемого уровня загрязнения атмосферного воздуха.

**Материалы и методы.** Изучены и обработаны срочные данные метеорологических наблюдений, выполненных на станции 26063 (г. Санкт-Петербург) с 2006 по 2014 гг. [7]. В рамках исследования рассмотрены данные по вертикальному профилю атмосферы, получаемые путем радиозондирования атмосферы г. Санкт-Петербурга в 00.00 и 12.00 UTC (Всемирного скоординированного времени) на станции Воейково.

**Результаты исследования.** Авторами представленной работы был выполнен анализ архивного материала 3279 приземных карт погоды над Европой из базы данных [8] за период с 2006 по 2014 гг. (ежесуточно в 00.00 UTC). В результате авторы получили возможность:
— посуточно охарактеризовать синоптическую обстановку в исследуемом районе;
— указать периферию или часть барического образования, которая определяет погодные условия в районе Санкт-Петербурга.

В ходе исследования были выделены следующие синоптические объекты за период с 2006 по 2014 гг.: атлантический циклон, ныряющий циклон, южный циклон, арктический антициклон, отрог Сибирского антициклона, отрог Азорского антициклона (рис. 1).

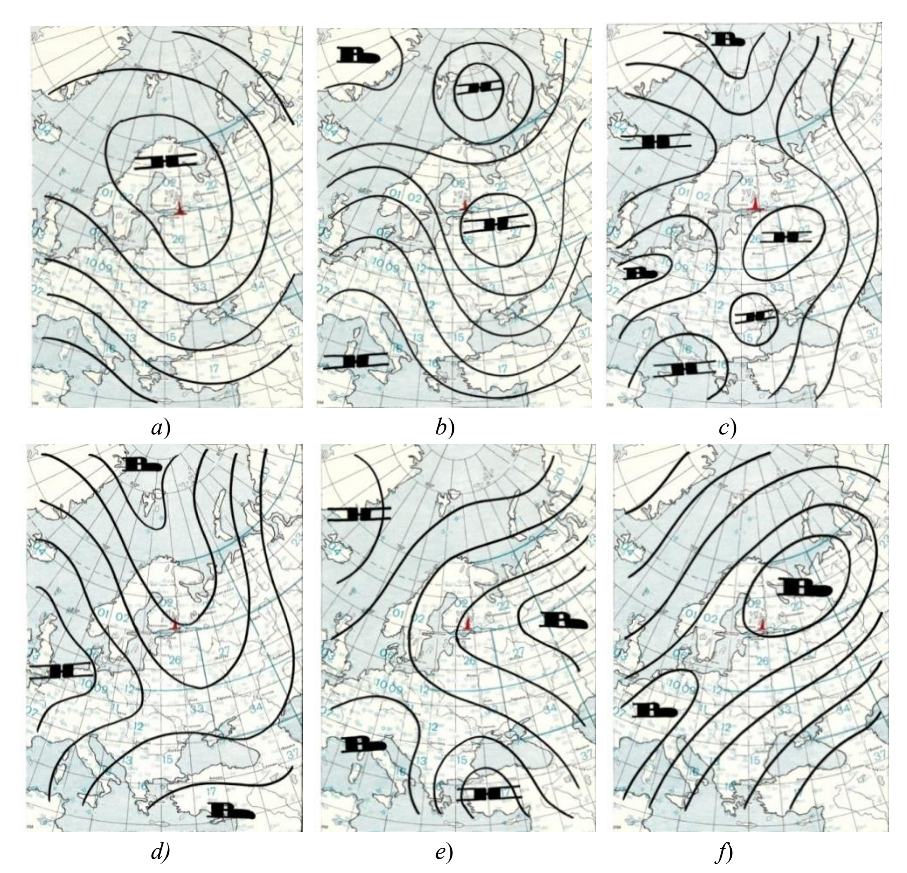



Рис. 1. Типовые синоптические процессы: атлантический циклон (*a*), ныряющий циклон (*b*), южный циклон (*c*), арктический антициклон (*d*), отрог Сибирского антициклона (*e*), отрог Азорского антициклона (*f*)

*Fig. 1. Typical synoptic processes: Atlantic cyclone (a), diving cyclone (b), southern cyclone (c), Arctic anticyclone (d), Siberian anticyclone extension (e), Azores anticyclone extension (f)*

Характерные группы синоптических процессов последнего десятилетия выделены с учетом географического происхождения барических образований, траектории их движения. При этом анализ холодного и теплого периодов года позволил уточнить повторяемость синоптических процессов для полугодий (табл. 1).

Таблица 1

*Table 1*

Повторяемость характерных групп синоптических процессов для холодного и теплого сезонов года с 2006 по 2014 гг.

*Frequency of specific groups of synoptic processes for cold and warm periods from 2006 to 2014*

| Группа синоптического процесса | Повторяемость, %, для периодов | |
|---|---|---|
| | холодного | теплого |
| Атлантический циклон | 48 | 43 |
| Ныряющий циклон | 8 | – |
| Южный циклон | 9 | 18 |
| Арктический антициклон | 21 | 14 |
| Отрог Сибирского антициклона | 14 | – |
| Отрог Азорского антициклона | – | 25 |

Были рассмотрены данные наблюдений за состоянием атмосферного воздуха города за 2006–2014 гг., представленные ФГБУ «Северо-западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Наблюдения производились на 10 стационарных постах Федеральной службы РФ по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, расположенных в 8 административных районах города, 4 раза в сутки (в 01.00; 07.00; 13.00; 19.00), согласно полной программе наблюдений на метеорологических постах, изложенной в РД 52.04.186-89. Были отмечены:

— общее количество наблюдений за концентрацией примесей в городе в течение одного дня на всех стационарных постах ($n$);

— количество наблюдений ($m$) в течение этого же дня с концентрациями ($q$), превышающими более чем в 1,5 раза ($q > 1{,}5\ q_{ср}$) среднесезонное значение $q_{ср}$ по двум примесям: оксиду углерода и диоксиду азота, которые являются про-

дуктами неполного сгорания топлива в двигателях автотранспортных средств и вносят наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха города [9].

Перечисленные выше данные позволили рассчитать фактическое значение интегрального показателя $P$ загрязнения воздуха в городе в отношении совокупности примесей [10]:

$$P = m/n, \tag{1}$$

где $n$ — общее количество наблюдений за концентрацией примесей в городе в течение одного дня на всех стационарных постах; $m$ — количество наблюдений в течение этого же дня с концентрациями ($q$), которые превышают среднесезонное значение $q_{ср}$ более чем в 1,5 раза ($q > 1,5q_{ср}$).

В соответствии с РД 52.04.306-92 [10] при применении параметра $P$ рассматривались следующие три группы загрязнения воздуха: $P > 0,35$ — относительно высокое (первая группа); $0,20 < P \leq 0,35$ — повышенное (вторая группа); $P \leq 0,20$ — пониженное (третья группа) [11].

С целью детальной оценки вклада характерных синоптических процессов в загрязнение атмосферного воздуха Санкт-Петербурга сформированы массивы данных для холодного и теплого периодов года (согласно годовому ходу температуры воздуха и радиационного баланса). Таким образом, рассматривались периоды с ноября по март (1050 дней) и с апреля по октябрь (1587 дней). Отдельно анализировались дневные (09.00–21.00) и ночные (21.00–09.00) случаи и учитывались три группы загрязнения по параметру $P$.

Анализ массива сформированных данных выполнялся в несколько этапов:

— рассматривался суточный ход загрязнения;

— выявлялся вклад синоптического процесса в формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха;

— оценивалась вероятность загрязнения при различных группах синоптических процессов;

— проводился регрессионный анализ;

— рассчитывались коэффициенты взаимной сопряженности между уровнем загрязнения воздуха и характерным синоптическим процессом [12].

Коэффициент взаимной сопряженности Пирсона и Чупрова (формулы 2–5) [13] применялся для оценки связи между тем или иным синоптическим процессом и уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

Таким образом, в работе был выполнен расчет коэффициентов Пирсона и Чупрова для ночных, дневных часов и за сутки:

$$Кп = \sqrt{\frac{\varphi^2}{1+\varphi^2}} \tag{2}$$

$$Кч = \sqrt{\frac{\varphi^2}{\sqrt{(\kappa 1-1)(\kappa 2-1)}}} \tag{3}$$

где Кп — коэффициент Пирсона; Кч — коэффициент Чупрова; $\varphi^2$ — коэффициент взаимной сопряженности; $k1$ — число групп загрязнений; $k2$ — число групп синоптических ситуаций.

С помощью критерия согласия $\chi^2$ была осуществлена проверка гипотезы о виде распределения [13]:

$$\chi^2 = f\left\{\sum_{xy} \frac{f_{xy}^2}{f_x f_y} - 1\right\}, \tag{4}$$

где $f^2$ — показатель взаимной сопряженности; $f$ — количество случаев по выборке для каждой группы; $x$ — суммарное количество случаев по группам загрязнения; $y$ — суммарное количество случаев по группам синоптических ситуаций.

При оценке по критерию $\chi^2$ (для всех рассматриваемых случаев $\chi^2 > \chi^2_{кр}$) были определены статистически значимые различия, позволяющие выявить связь между синоптическими процессами и уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

При пошаговом проведении регрессионного анализа методом включения для ночных часов было выявлено существенное влияние инерционных факторов как предикторов в 39 % случаев за холодный период и в 38 % — за теплый. Это позволяет сделать вывод о ведущей роли инерционного фактора при прогнозировании уровня загрязнения атмосферного воздуха [13].

Таким образом, была установлена зависимость формирования уровня загрязнения атмосферного воздуха от синоптического процесса и инерционного фактора. Это позволило сформировать схемы прогноза уровня загрязнения воздуха экспертным путем по методу «дерево принятия решения». Данный метод иллюстрирует вклад инерционной составляющей в формирование уровня загрязнения воздушной среды города, а также вклад синоптических процессов.

Итак, для выделения прогнозируемой группы загрязнения воздуха, учитывая параметр $P$, необходимо:

— заблаговременно, за сутки, учесть возможность прогнозируемого синоптического процесса (например, воспользоваться прогнозом Гидрометцентра);
— сопоставить значение параметра $P$ и синоптический процесс в текущий момент времени, с учетом того, что относительно определяемого значения это предыдущий срок.

Для определения прогнозируемой группы загрязнения в первую очередь рекомендуется выбрать в «дереве» синоптический процесс, который необходимо прогнозировать, затем выделить группу загрязнения воздуха города в текущий момент и, возможно, текущий синоптический процесс. Все перечисленное выше позволяет в итоге адекватно выявить прогнозируемую группу загрязнения воздуха.

Оправдываемость прогностического определения ожидаемой группы загрязнения атмосферного воздуха по Санкт-Петербургу была рассчитана на зависимом материале и составила для холодного периода года 90 % (ночные часы) и 91 % (дневные часы); для теплого периода года — 84 % (ночные часы) и 87 % (дневные часы). Это говорит о более эффективном прогнозе уровня загрязнения атмосферного воздуха по предлагаемым схемам в холодный период года.

Способ прогноза уровня загрязнения атмосферного воздуха по методу «дерево принятия решения» является принципиально новым. Эта практика может быть использована в работе Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Российской Федерации. Отметим достоинства предлагаемого способа. Простота и доступность исходных данных позволяют минимизировать трудозатраты, сохранив при этом оправдываемость на достаточно высоком уровне. Кроме того, с целью обеспечения безопасности жизнедеятельности населения [14] можно предложить разработку подобных схем и для других городов. В настоящее время авторы разрабатывают методические рекомендации по внедрению данного метода в практику работы региональных органов Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

**Обсуждение и заключения.** Проведенные научные изыскания позволили получить следующие результаты.

— Сформированы архивы исходных стандартных метеорологических данных и данных радиозондирования атмосферы, а также синоптических положений и сведений об уровне загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга за период с 2006 по 2014 гг.

— Установлены группы синоптических процессов, характерные для Санкт-Петербурга с 2006 по 2014 гг.

— Разработаны схемы прогноза уровня загрязнения атмосферного воздуха по методу «дерево принятия решения» с оправдываемостью 84–91 %.

Результаты работы применимы для прогноза уровня загрязнения городского воздуха.

**Библиографический список**

1. Morrison, J. Sustainable development / J. Morrison. — London : Profile Books, 2002. — 370 p.

2. Безуглая, Э. Ю. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере / Э. Ю. Безуглая. — Ленинград : Гидрометеоиздат, 1983. — 328 с.

3. Берлянд, М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы / М. Е. Берлянд. — Ленинград : Гидрометеоиздат, 1975. — 448 с.

4. Сонькин, Л. Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы / Л. Р. Сонькин. — Ленинград : Гидрометеоиздат, 1991. — 223 с

5. Boettger, C.-M. Air-pollution potential East of the Rocky Mountains — Fall 1959 / C.-M. Boettger // Bulletin of the American Meteorological Society. — 1961. — Vol. 42. — P. 615–620.

6. Boettger, C.-M. The Nashville daily air pollution forecast / C.-M. Boettger, H.-J. Smitth // Monthly Weather Review. — 1961. — Vol. 89, № 11. — P. 477–481.

7. Архив погоды в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс] / ООО «Расписание погоды» // rp5.ru. — Режим доступа: http://rp5.ru/Архив_погоды_в_Санкт-Петербурге (дата обращения 03.11.17).

8. Карты погоды [Электронный ресурс] / Meteoweb.ru. — Режим доступа: http://meteoweb.ru/ (дата обращения 03.11.17).

9. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в 2014 году / Под ред. И. А. Серебрицкого. — Санкт-Петербург : Сезам-принт, 2015. — 404 с.

10. Охрана природы. Атмосфера. Руководство по прогнозу загрязнения воздуха. РД 52.04.306-92 / Комитет гидрометеорологии СССР. — Санкт-Петербург : Гидрометеоиздат, 1993. — 104 с.

11. Лазарева, Е. О. Влияние температурных инверсий на концентрацию примесей в приземном слое воздуха над Санкт-Петербургом в 2006–2014 гг. / Е. О. Лазарева, Е. С. Попова, И. Н. Липовицкая // Ученые записки РГГМУ. — 2015. — № 41. — С. 149–155.

12. Лазарева, Е. О. Схема уточнения к модели прогнозирования рассеивания антропогенных примесей атмосферного воздуха для г. Санкт-Петербург / Е. О. Лазарева // Естественные и технические науки. — 2016. — № 3. — С. 104–108.

13. Лазарева, Е. О. Загрязнение атмосферного воздуха г. Санкт-Петербург при различных синоптических ситуациях : автореф. дис. … канд. геогр. наук / Е. О. Лазарева. — Санкт-Петербург, 2016. — 144 с.

14. Евстропов, В. М. Системные аспекты взаимодействия объектов и среды в техносферном пространстве / В. М. Евстропов. — Ростов-на-Дону : РГСУ, 2015. — 89 с.

**References**

1. Morrison, J. Sustainable development. London: Profile Books, 2002, 370 p.

2. Bezuglaya, E.Y. Klimaticheskie kharakteristiki usloviy rasprostraneniya primesey v atmosphere. [Climatic characteristics of conditions for atmospheric contaminants spread.] Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983, 328 p. (in Russian).

3. Berlyand, M.E. Sovremennye problemy atmosfernoy diffuzii i zagryazneniya atmosfery. [Modern problems of atmospheric diffusion and air pollution.] Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975, 448 p. (in Russian).

4. Sonkin, L.R. Sinoptiko-statisticheskiy analiz i kratkosrochnyy prognoz zagryazneniya atmosfery. [Synoptic and statistical analysis and short period forecast of atmospheric pollution.] Leningrad: Gidrometeoizdat, 1991, 223 p (in Russian).

5. Boettger, C.-M. Air-pollution potential East of the Rocky Mountains — Fall 1959. Bulletin of the American Meteorological Society, 1961, vol. 42, pp. 615–620.

6. Boettger, C.-M., Smitth, H.-J. The Nashville daily air pollution forecast. Monthly Weather Review, 1961, vol. 89, no. 11, pp. 477–481.

7. Arkhiv pogody v Sankt-Peterburge. [Weather archive in St. Petersburg.] Available at: http://rp5.ru/Архив_погоды_в_Санкт-Петербурге (accessed 03.11.17) (in Russian).

8. Karty pogody. [Weather maps.] Available at: http://meteoweb.ru/ (accessed 03.11.17) (in Russian).

9. Serebritskiy, I.A., ed. Okhrana okruzhayushchey sredy, prirodopol'zovanie i obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti v 2014 godu. [Environment protection, nature management, and ecological safety in 2014.] St. Petersburg: Sezam-print, 2015, 404 p. (in Russian).

10. Okhrana prirody. Atmosfera. Rukovodstvo po prognozu zagryazneniya vozdukha. RD 52.04.306-92. [RD 52.04.306-92. Nature protection. Atmosphere. Guidance on air pollution forecast.]USSR Committee for meteorology. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1993, 104 p. (in Russian).

11. Lazareva, E.O., Popova, E.S., Lipovitskaya, I.N. Vliyanie temperaturnykh inversiy na kontsentratsiyu primesey v prizemnom sloe vozdukha nad Sankt-Peterburgom v 2006–2014 gg. [The influence of temperature inversions on the concentration of impurities in the surface layer of air in St. Petersburg during the period of 2006-2014.] Uchenye zapiski RGGMU, 2015, no. 41, pp. 149–155 (in Russian).

12. Lazareva, E.O. Skhema utochneniya k modeli prognozirovaniya rasseivaniya antropogennykh primesey atmosfernogo vozdukha dlya g. Sankt-Peterburg. [Specification design to the model for predicting dispersion of anthropogenic impurities of atmospheric air for St. Petersburg.] Natural and Technical Sciences Journal, 2016, no. 3, pp. 104–108 (in Russian).

13. Lazareva, E.O. Zagryaznenie atmosfernogo vozdukha g. Sankt-Peterburg pri razlichnykh sinopticheskikh situatsiyakh: avtoref. dis. … kand. geogr. nauk. [Atmospheric air pollution in St. Petersburg under various synoptic situations: Cand.Sci. (Geography) diss., author’s abstract.] St. Petersburg, 2016, 144 p. (in Russian).

14. Yevstropov, V.M. Sistemnye aspekty vzaimodeystviya ob"ektov i sredy v tekhnosfernom prostranstve. [System aspects of interaction of objects and environment in the technosphere space.] Rostov-on-Don: RGSU, 2015, 89 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 10.07.2017
Сдана в редакцию 11.07.2017
Запланирована в номер 15.09.2017

Received 10.07.2017
Submitted 11.07.2017
Scheduled in the 15.09.2017

***Об авторах:***

**Лазарева Елена Олеговна,**
специалист-синоптик Санкт-Петербургской метеорологической станции, кандидат географических наук,
ORCID: http://orcid.org/0000-0003-0034-5730
milyutina.e.o@yandex.ru

***Authors:***

**Lazareva, Elena O.,**
a weather forecast specialist of St. Petersburg Meteorological Station, cand.Sci. (Geography),
ORCID: http://orcid.org/0000-0003-0034-5730
milyutina.e.o@yandex.ru

**Липовицкая Ирина Николаевна,**
проректор по развитию Санкт-Петербургского института гуманитарного образования (РФ, 190020, г. Санкт-Петербург, ул. Лифляндская, 4), кандидат географических наук,
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3805-4253
lipovitskaya@mail.ru

**Lipovitskaya, Irina N.,**
pro-rector for Development, Saint-Petersburg Institute of Education in the Sphere of Humanities and Social Sciences (RF, 190020, Saint-Petersburg, Liflyandskaya St., 4), Cand.Sci. (Geography),
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3805-4253
lipovitskaya@mail.ru

**Андреева Елена Сергеевна,**
профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защиты окружающей среды» Донского государственного технического университета (РФ, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор географических наук, доцент,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7087-1870
esameteo@mail.ru

**Andreeva, Elena S.,**
professor of the Life and Environment Protection Sciences Department, Don State Technical University (RF, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), Dr.Sci. (Geography), associate professor,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7087-1870
esameteo@mail.ru

**Ефимова Юлия Викторовна,**
доцент кафедры «Метеорологические прогнозы» Российского государственного гидрометеорологического университета (РФ, 119021, г. Санкт-Петербург, пр. Малоохтинский, 98), кандидат географических наук,
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3920-8103
luluef@mail.ru

**Efimova, Yulia V.,**
associate professor of the Meteorological Forecasts Department, Russian State Hydrometeorological University (RF, 119021, St.Petersburg, Malookhtinsky prospect, 98), Cand.Sci. (Geography),
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-3920-8103
luluef@mail.ru